

DOI: 10.5846/stxb201609271949

程 颢, 阿依江·叶尔肯, 李菲菲, 宗 诚. 安邦河自然保护区繁殖期骨顶鸡对游憩干扰的行为反应. 生态学报, 2018, 38(2): 485-492.

Cheng K, Ayjan Yerken, Li F F, Zong C. Behavioral responses of breeding common coots (*Fulica atra*) to recreational disturbance in the Anbang River Nature Reserve. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(2): 485-492.

# 安邦河自然保护区繁殖期骨顶鸡对游憩干扰的行为反应

程 颢, 阿依江·叶尔肯, 李菲菲, 宗 诚\*

东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040

**摘要:**随着湿地生态旅游的发展,水禽面临着越来越多的游憩干扰。骨顶鸡在我国北方大部分地区的湖泊沼泽繁殖,可作为湿地质量的指示物种,探讨该物种对游憩干扰的反应很有意义。在黑龙江省安邦河自然保护区的游憩区和对照区进行了繁殖期骨顶鸡日行为观察,比较分析结果显示:繁殖前期游憩区骨顶鸡的躲避行为显著高于对照区( $F_{1,18}=62.364, P<0.01$ );孵卵期骨顶鸡对游憩干扰的反应比繁殖前期更强烈,除了躲避行为显著增加(雄性  $F_{1,8}=40.653, P<0.01$ ; 雌性  $F_{1,8}=32.028, P<0.01$ ),还主要表现在雌骨顶鸡孵卵时间减少( $F_{1,8}=13.521, P<0.01$ ),持续孵卵时间缩短;雄骨顶鸡取食时间峰值增加,取食中断不连续;雌雄骨顶鸡繁殖期行为及对游憩干扰反应有所不同。建议通过改善游憩区的隐蔽条件,以提供躲避空间,提高生境质量,减少游憩干扰的影响。

**关键词:**骨顶鸡;繁殖;活动时间分配;行为节律;游憩干扰

## Behavioral responses of breeding common coots (*Fulica atra*) to recreational disturbance in the Anbang River Nature Reserve

CHENG Kun, Ayjan Yerken, LI Feifei, ZONG Cheng\*

Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

**Abstract:** Ecotourism and outdoor recreation occur in wetlands worldwide, including sea coasts and inland, and many species of waterfowl are faced with increasing disturbance from recreational activities of human beings. Common coots (*Fulica atra*) are widely distributed throughout the Old World and Australia, and breed in swamps in most of northern China. This species is indicative of wetland quality because it requires large areas of open water and good cover for nesting habitat, and common coot populations decline when habitat quality is degraded. Therefore, it is important to determine the response of common coots to recreational disturbance. In this study, the diurnal activities of breeding common coots were observed in recreational and control areas in the Anbang River Nature Reserve in Heilongjiang Province from 2006 to 2007. The results indicated that: (1) during the pre-laying period, common coots in the recreational area exhibited escape behavior significantly more often than that did those in the control area ( $F_{1,18}=62.364, P<0.01$ ); (2) the behavioral responses of breeding common coots during the incubation period were more intense than during the pre-laying period. Firstly common coots exhibited escape behavior more often in the recreational area (male:  $F_{1,8}=40.653, P<0.01$ ; female  $F_{1,8}=32.028, P<0.01$ ); secondly the female common coots reduced their incubation time ( $F_{1,8}=13.521, P<0.01$ ) and continuous periods of incubation were shorter, whereas foraging time decreased for male common coots and the peak time increased in recreational area relative to that observed in the control area. Our results indicated that recreational activities

基金项目:黑龙江省自然科学基金项目(C201036)

收稿日期:2016-09-27; 网络出版日期:2017-09-14

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mordonkey@163.com

disrupted behavioral continuity of breeding common coots. The breeding behavior of female and male common coots and their response to human disturbance differed. Based on the responses of common coots to recreational activities, several alternatives were proposed, including increasing the amount of wetland plant cover between the human footpaths and common coot territories, and growing wetland plants adjacent to the swamp shore and near coot nests to improve habitat quality, provide escape cover, and alleviate direct disturbance by human.

**Key Words:** common coot (*Fulica atra*); breeding; time budget; activity rhythm; recreational disturbance

近年来生态旅游和户外游憩在世界各地迅猛发展,因而增加了人们进入自然区域的机会,游憩干扰对野生动物的影响也日益受到研究者的关注<sup>[1]</sup>。游憩生态学(Recreation ecology)是研究户外游憩对自然生态系统影响及其管理的一门分支学科,尤其着重于游憩对野生动植物、土壤及环境的影响<sup>[2-4]</sup>。游憩活动包括动物观赏、徒步、山地摩托、水上游船等多种类型,虽不会对野生动物产生致死性伤害,但会引发个体行为和生理、种群和群落等诸多方面的直接及间接影响<sup>[5-6]</sup>。

随着全球湿地生态旅游热度的增加,无论在海岸还是内陆水域,水禽都是受人们喜爱的观赏物种,也是游憩干扰研究涉及最多的类群<sup>[7]</sup>。繁殖期水禽比迁徙期或越冬期更易受到人为干扰的影响<sup>[8]</sup>,如巢被破坏或弃巢<sup>[9]</sup>、捕食风险增加<sup>[10]</sup>、成鸟取食和饲喂雏鸟时间缩短、喂养幼鸟能力受损<sup>[11]</sup>、出飞幼鸟体重下降<sup>[12]</sup>、幼鸟存活率低、死亡率增加、种群数量下降等<sup>[13-14]</sup>。水鸟对干扰的反应具有种间差异,如洪氏环企鵝(*Spheniscus humboldti*)对人特别敏感,其在旅游区的繁殖成功率明显下降<sup>[15]</sup>;而小型鹬类笛鹬(*Charadrius melodus*)则对干扰有一定的行为适应<sup>[16]</sup>。我国的相关研究为数不多,涉及范围较少,主要有鸟类惊飞距离和人为干扰对觅食行为的影响<sup>[17-21]</sup>。

骨顶鸡(*Fulica atra*)是鹤形目秧鸡科游禽,分布于欧亚大陆、非洲、印度尼西亚、澳大利亚和新西兰,在我国东北、河北、内蒙古、青海、新疆等北方地区繁殖,黄河或长江以南地区越冬<sup>[22]</sup>。骨顶鸡营巢于湖泊沼泽<sup>[23]</sup>,由于繁殖要求一定的泡沼明水面面积和隐蔽物,湿地退化会导致其种群数量下降,因此可作为湿地指示种。骨顶鸡繁殖期领域性极强,绝大部分繁殖行为在固定的领域内完成,适宜于进行行为观察和作为模式物种探究外界干扰活动的影响<sup>[24]</sup>。其繁殖生态和对人为干扰的反应有少量研究,但繁殖期行为节律及游憩干扰的影响还未见报道<sup>[21,25]</sup>。我们在黑龙江省安邦河自然保护区的核心区和生态旅游区进行了骨顶鸡繁殖行为观察,旨在揭示游憩活动对繁殖期骨顶鸡日活动时间分配和活动节律的影响,为湿地保护区水禽保护和生态旅游管理提供有益的参考。

## 1 研究地概况

安邦河自然保护区位于黑龙江省双鸭山市集贤县,地理坐标为 131° 06' —131° 32' E, 46° 53' —47° 03' N,总面积 10295hm<sup>2</sup>。保护区地处安邦河下游,是三江平原湿地的重要组成部分,是水禽、两栖类、鱼类等野生动物的重要栖息地。主要地貌类型为松花江下游冲积平原,平均海拔为 110m,生境类型以芦苇沼泽为主。保护区有高等植物有 300 多种,主要湿地植物有芦苇(*Phragmites communis*)、香蒲(*Elsholtzia pygmaea*)、荇菜(*Nymphoides peltatm*)、眼子菜(*Potamogeton perfoliatus*)、两栖蓼(*Polygonum amphibium*)、狐尾藻(*Myriophyllum verticillatum*)等。

20 世纪 70 年代由于排水造田安邦河湿地面积减少,1993 年自然保护区成立后,引入安邦河水,进行湿地恢复。2002 年保护区被确定为退耕还湿示范单位并在实验区发展生态旅游,2004 年开始建设宣教馆和生态旅游服务设施。游憩活动主要在每年的 5—10 月,7—8 月是旅游旺季。游客主要停留在 8 号池(有荷花池和游船码头)和 10 号池(有吊桥、湿地植被展示区和人工湖),因此将 8 号池和 10 号池设为游憩区;位于保护区核心区内的 7 号池,无游憩活动干扰,设为对照区(图 1)。游憩干扰主要来自游船活动和水边旅游步道的走

动、嘈杂声。

2 研究方法

2.1 骨顶鸡繁殖阶段的划分

骨顶鸡 4 月初迁至安邦河湿地,4 月中下旬开始配对、筑巢,4 月末至 5 月初开始产卵,产卵时间相差较大,尤其在人为干扰较多区域至 5 月末仍有只占区未产卵的个体<sup>[23]</sup>。产 3—5 枚卵即开始全天坐巢孵卵,孵化期 22—24d,5 月中旬至 6 月中旬多数骨顶鸡处于孵卵期,从 6 月初开始至 6 月末,雏鸟陆续孵出。本研究将骨顶鸡的繁殖期大致分为 3 个阶段:①繁殖前期:包括配对、筑巢、求偶、交配,直到产第一枚卵的时期;②孵卵期:从产卵开始到孵卵,直至最后一个雏鸟孵出;③育雏期:从雏鸟出生开始育雏至所有幼鸟自由觅食。由于 6 月份湿地芦苇开始迅速长高,而且骨顶鸡在所有雏鸟孵出后即离巢,双亲各带领一部分雏鸟,行为机警,不易观察,因此我们主要观察了繁殖前期和孵卵期骨顶鸡的行为。

2.2 行为观察

2006 年 5—6 月观察并确定骨顶鸡繁殖期行为谱(表 1),2007 年 4 月至 6 月在游憩区和对照区共观察记录了 10 对骨顶鸡的日行为活动。首先确定骨顶鸡各繁殖对的巢址和领域,通过个体间行为差异及额前端白色骨甲的大小形状来分辨雌雄个体。对照区的观察地点在小亭,用单筒望远镜观察,观察对象的距离为 50—100m;游憩区观察地点是船站码头和步道,肉眼观察,观察距离 10—30m。观察者在建筑物内或岸边柳树后,不干扰骨顶鸡的自然行为。采用扫描取样法,每隔 5min 扫描一次,在孵卵期结合焦点取样法记录坐巢孵卵时间。观察时间为每天的 5:00—19:00,避开大雨等恶劣天气,繁殖前期和孵卵期总的观察天数为 20d,分别获得数据 4922 个和 7360 个。

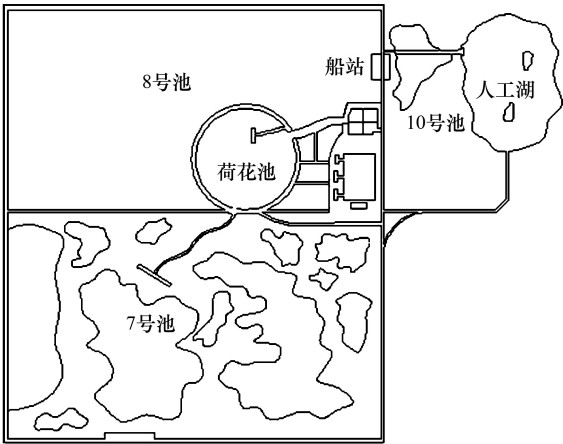


图 1 黑龙江安邦河自然保护区研究地示意图  
Fig.1 Map of study area in Anbang River Nature Reserve

表 1 骨顶鸡繁殖期行为谱

Table 1 The behavioral spectrum of breeding common coots

行为类型 Behavioral types	行为描述 Behavior description
取食 Feeding	寻找、处理、吞咽食物的过程
游走 Locomotion	游动或走动而同时没有任何其它行为(如取食、攻击)
整理 Maintenance	包括理羽、洗澡、玩水等增加舒适度的动作
孵卵 Incubation	坐巢孵卵、翻卵等相关行为;
休息 Resting	水中或岸上的静止状态且没有其它动作
筑巢 Nest-building	获取、携带、处理巢材,巢的构筑、搭建,也包括补巢
求偶 Courtship	包括炫耀、追逐、交配行为
驱赶 Ejection	护卫领域时的声音警告、逼近威胁等驱逐入侵者的行为
攻击 Aggression	对入侵者的攻击行为,一般有拍打翅膀、啄击等打斗动作
躲避 Escape	因外界因素停止现有动作,逃离、躲避入水或进入草丛的行为

2.3 数据分析

数据统计分析在 EXCEL 和 SPSS 17.0 中完成,经 Kolmogorov-Smirnov 检验数据符合正态性,采用单因素方差分析游憩区与对照区以及雌雄骨顶鸡之间日活动时间差异,数据平均值用 Mean±SD 描述。



3 结果与分析

3.1 繁殖前期游憩区和对照区骨顶鸡的日行为活动

繁殖前期骨顶鸡的取食行为比例最高,其次是游走和整理行为(图2)。雌雄骨顶鸡的取食时间比例差异显著,雌性取食时间明显多于雄性。游憩区雌性取食行为占(57.54±11.33)%,雄性(47.43±9.74)%( $F_{1,8}=27.927, Sig.=0.000$ );对照区雌性取食占(59.75±12.09)%,雄性(50.32±10.65)%( $F_{1,8}=17.574, Sig.=0.004$ )。此外,雌雄骨顶鸡的攻击行为比例有显著差异,雄性用于护卫领域的时间更多(游憩区, $F_{1,8}=15.136, Sig.=0.005$ ;对照区  $F_{1,8}=6.833, Sig.=0.046$ )。

游憩区与对照区相比骨顶鸡取食、游走、整理、休息、攻击等行为时间比例均没有显著差异,但躲避行为有明显差异( $F_{1,18}=62.364, Sig.=0.000$ ),游憩区骨顶鸡的躲避行为占(2.75±0.89)%,而对照区雌雄个体均未见躲避行为。

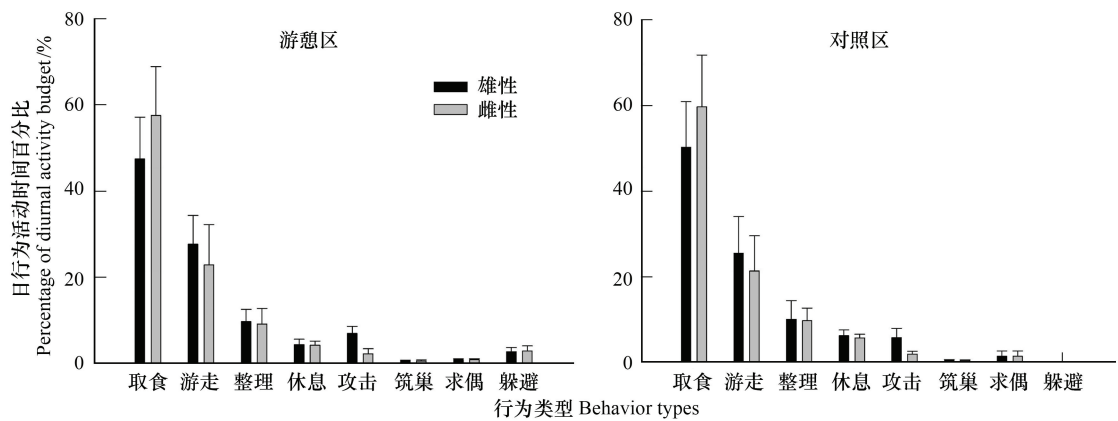


图2 繁殖前期游憩区与对照区骨顶鸡的日行为时间分配  
Fig.2 Time budgets of common coot diurnal activities during pre-laying period

3.2 孵卵期游憩区和对照区骨顶鸡的日行为活动

3.2.1 日行为时间分配

孵卵期雌雄骨顶鸡的孵卵和取食行为时间比例都存在显著差异(表2)。雌性孵卵时间更长(游憩区, $F_{1,8}=29.957, Sig.=0.000$ ;对照区  $F_{1,8}=22.176, Sig.=0.000$ ),取食时间更短(游憩区, $F_{1,8}=32.79, Sig.=0.000$ ;对照区  $F_{1,8}=21.55, Sig.=0.002$ )。

表2 孵卵期游憩区与对照区骨顶鸡日行为时间分配

行为 Behavior	游憩区 Recreational area			对照区 Control area			显著性 Sig.
	雄性 Male	雌性 Female	显著性 Sig.	雄性 Male	雌性 Female	显著性 Sig.	
取食 Feeding	40.53±6.76	28.96±4.30	* *	42.17±8.58	27.7±6.05	* *	n. s.
孵卵 Incubation	34.4±7.10	49.80±12.63	* *	31.4±6.61	56.93±13.65	* *	F * *
游走 Locomotion	10.37±6.29	9.13±3.75	n. s.	8.93±5.19	5.10±1.96	n. s.	n. s.
整理 Maintenance	6.83±4.12	6.27±3.01	n. s.	11.7±2.61	8.30±1.60	n. s.	n. s.
休息 Resting	0.75±0.07	0.83±0.15	n. s.	0.7±0.21	0	n. s.	n. s.
筑巢 Nest-building	2.03±1.08	1.30±0.26	n. s.	1.90±0.69	1.1±0.29	n. s.	n. s.
求偶 Courtship		0.30±0.14			0		n. s.
攻击 Aggression	2.93±0.76	1.60±0.58	n. s.	3.13±1.72	1.73±1.10	n. s.	n. s.
躲避 Escape	1.80±0.7	2.87±1.28	n. s.	0	0.70±0.23	n. s.	M * * F * *

F 为雌骨顶鸡 Females, M 为雄骨顶鸡 Males; n.s. 不显著; \*  $P<0.05$ ; \* \*  $P<0.01$

游憩区与对照区相比骨顶鸡取食、游走、整理等多数行为没有显著差异,但雌骨顶鸡孵卵行为有显著差异,游憩区雌骨顶鸡的孵卵时间比对照区的短( $F_{1,8} = 13.521$ ,  $Sig. = 0.006$ ) (表 2)。此外游憩区骨顶鸡的躲避行为明显多于对照区(雄性  $F_{1,8} = 40.653$ ,  $Sig. = 0.000$ ; 雌性  $F_{1,8} = 32.028$ ,  $Sig. = 0.000$ )。

### 3.2.2 日行为节律

雄骨顶鸡的日行为节律分析显示其在游憩区取食高峰为 7:00—8:00、11:00—12:00、14:00—15:00,而对照区取食高峰为 5:00—9:00 和 14:00—17:00;游憩区雄骨顶鸡孵卵时间主要集中于 5:00—6:00、10:00—11:00 和 16:00—19:00,而其在对照区孵卵最多的时间段是 11:00—13:00、15:00—16:00 和 18:00—19:00 (图 3)。

雌骨顶鸡在游憩区的取食高峰为 5:00—6:00、12:00—13:00、16:00—19:00,而在对照区为 12:00—13:00、15:00—16:00 和 18:00—19:00;游憩区孵卵行为主要集中于 8:00—9:00、11:00—12:00 和 14:00—15:00,而对照区是 5:00—8:00、14:00—17:00 (图 4)。

综合分析可见,雌雄骨顶的孵卵时间和取食时间高峰是交替的,雄骨顶取食的高峰即是雌骨顶孵卵的高峰,而雌骨顶孵卵高峰则与雌骨顶取食高峰大部分相重叠。

游憩区骨顶鸡日行为节律与对照区相比,雌性孵卵和雄性取食的时间更为分散,为 3 个活动高峰,而对照区是两个活动高峰,因此行为节律的连续性和完整性降低。焦点取样法的分析结果也表明游憩区雌雄骨顶鸡换孵更频繁,游憩区雌性最长坐巢孵卵时间为 98min,而对照区雌性单次最长孵卵为 186min。

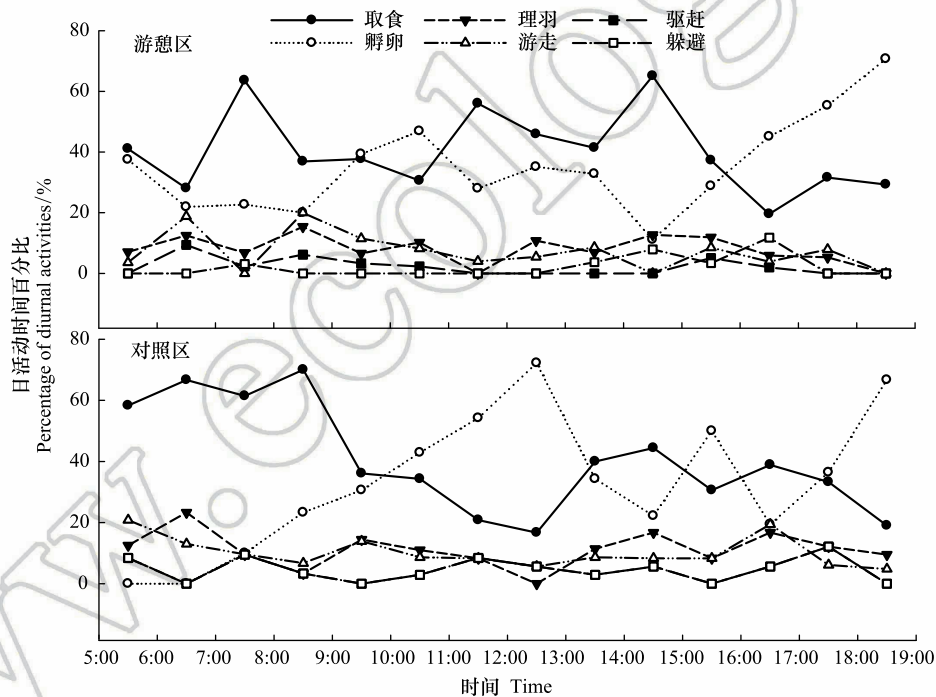


图 3 孵卵期雄骨顶鸡的日活动节律

Fig.3 Diurnal activity rhythms of male common coots during incubation period

## 4 讨论

### 4.1 繁殖期骨顶鸡对游憩干扰的行为反应

游憩干扰的类型和强度是影响干扰反应的因素<sup>[5]</sup>。骨顶鸡对不同游憩方式的干扰反应不同,对游人步行的反应远小于对游船的反应<sup>[21]</sup>。安邦河保护区春季天气较凉,游憩区的游船活动较少,所以骨顶鸡繁殖期的主要游憩干扰是游人走动。我们的结果表明躲避行为是骨顶鸡应对游憩干扰的主要行为反应。骨顶鸡极

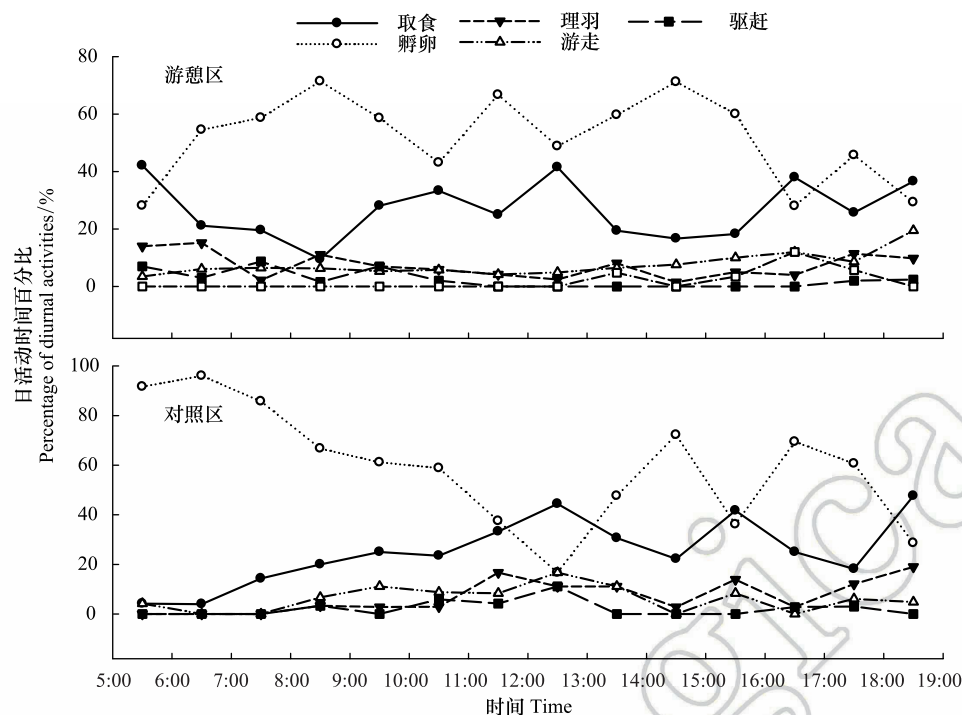


图4 孵卵期雌骨顶鸡的日活动节律

Fig.4 Diurnal activity rhythms of female common coots during incubation period

少采取惊飞的方式躲避人为干扰,只有干扰突然出现或强度较大时才会有惊飞反应<sup>[21]</sup>。骨顶鸡领域内的草丛为其提供营巢、休息和逃脱隐蔽<sup>[24]</sup>,其对游人接近、噪声等干扰的躲避反应是钻入草丛或水中,待干扰源消失再重新回到明水面<sup>[25]</sup>。

游憩活动对水禽的一个主要影响是行为时间的改变,例如繁殖期银鸥(*Larus novaehollandia*)对大的游客群的反应是种内争斗行为增加<sup>[26]</sup>;在人为活动多的区域黑嘴鸥(*Larus saundersi*)营巢期的取食和休整时间明显减少,而警戒时间明显增加<sup>[27]</sup>。我们的分析结果显示骨顶鸡孵卵和取食行为时间和节律有所变化:游憩区雌骨顶鸡孵卵时间减少,孵卵持续时间缩短,雄性取食时间峰值增加,取食时间零散化,这说明游憩活动对孵卵期骨顶鸡的主要影响是破坏了行为的连续性。有研究表明人为干扰使蛎鹬(*Haematopus ostralegus*)缩短了孵卵时间,放弃适宜取食地点,在育幼期获取的食物数量减少,降低了繁殖成功率<sup>[28]</sup>;猛禽在巢孵卵时间减少,警戒、驱逐和飞行比例增加,花费在与繁殖无关行为活动的时间更多,能量损失更大<sup>[29]</sup>。骨顶鸡的行为节律变化是否影响繁殖成功率还有待进一步研究。

#### 4.2 游憩干扰对繁殖期不同阶段的影响

已有研究表明孵卵期旅游干扰的影响较大,例如对于游船组、步行组和对照组的繁殖期鸕鹚(*Mycteria americana*),游船组在孵卵期行为时间差异最大,坐巢时间显著减少、站立和整理时间增加<sup>[30]</sup>。孵卵初期游人进入欧绒鸭(*Somateria mollissima*)巢区会导致营巢成功率下降,而在孵卵后期并不明显<sup>[31]</sup>。有的孵卵期鸟类为增加自身适合度,受干扰后返巢时间更短,例如在产卵之前黑剪嘴鸥(*Rynchops niger*)受船只干扰后离巢时间要长于孵卵期<sup>[32]</sup>。

研究显示,孵卵期游憩干扰对骨顶鸡的影响要强于繁殖前期。繁殖前期游憩区与对照区骨顶鸡的主要行为时间比例如取食、游走、整理等均未见显著差异,仅增加了躲避行为;而孵卵期这两个区域的骨顶鸡具有显著差异的行为包括孵卵、取食和躲避。不同繁殖阶段骨顶鸡的反应差异也许与游憩活动强度有关。繁殖前期的时间段主要在4月末至5月中旬,由于天气刚刚转暖,来安邦河保护区旅游的人数很少,而孵卵期集中在5月中旬至6月中旬,旅游人数有所增加。

### 4.3 雌雄骨顶鸡对干扰的行为反应差异

繁殖期鸟类雌雄个体的分工有所不同,所以二者的行为时间分配也会有差异。繁殖前期雌雄骨顶鸡之间的取食和攻击行为差异显著,而孵卵期二者的取食、孵卵均有显著差异。繁殖前期雌性取食时间比雄性长,而孵卵期雌骨顶鸡取食时间比雄性短,但如果去除孵卵时间,孵卵期雌性的取食时间比例还是高于雄性,这与 Ryan 等的研究一致,雌性取食时间比例大于雄性也许与能量消耗较高有关系<sup>[33]</sup>。

有研究显示人为干扰条件下雌雄个体的行为反应不同,例如孵卵期雌性白尾鹞 (*Circus aeruginosus*) 在巢时间明显减少,而雄性没有显著差异<sup>[29]</sup>;在游憩活动频繁的生境,岩羊 (*Pseudois nayaur*) 雌性成年个体比雄性成年个体更为敏感<sup>[34]</sup>。我们的研究结果也显示雌骨顶鸡对干扰的行为反应更大。

### 4.4 管理建议

安邦河自然保护区是经过恢复的半人工湿地,湿地面积较小,骨顶鸡领域面积一般为 3000—5000m<sup>2</sup>,由于巢址生境受限,即便在游客活动较多的游憩区也有骨顶鸡营巢繁殖<sup>[24]</sup>。保护区游憩区与对照区的生境类型相同,但其芦苇等植物较少,营巢隐蔽性不好。我们发现游憩区骨顶鸡比对照区占区晚,完成筑巢与产卵间隔时间更长,孵卵期延迟,例如在 10 号池距路边最近的一对骨顶鸡已经有坐巢行为,但一直未产卵,原因可能是人为干扰过于频繁。骨顶鸡的领域有优劣之分,占区能力强的个体会优先选择干扰较少的优等生境<sup>[35]</sup>,而占区能力弱的个体只能处于劣势领域,受到游憩活动的干扰更多。因此提高骨顶鸡的生境质量,改善隐蔽条件能够缓解游憩活动对繁殖期骨顶鸡的影响,建议在池塘岸边以及步道两侧栽植更多的芦苇、香蒲等湿地植物,以隔离游人走动和噪音的直接干扰,同时提供躲避空间<sup>[36]</sup>。另外,在冬季不割除残存芦苇秆,以保留更好的营巢隐蔽。

### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Koch S L, Paton P W C. Assessing anthropogenic disturbances to develop buffer zones for shorebirds using a stopover site. *The Journal of Wildlife Management*, 2014, 78(1): 58-67.
- [ 2 ] Hammit W E, Cole D N. *Wildland Recreation: Ecology and Management*. New York: John Wiley, 1987.
- [ 3 ] Knight R L, Gutzwiller K J. *Wildlife and Recreationists: Coexistence Through Management and Research*. Washington, DC: Island Press, 1995.
- [ 4 ] 吴承照. 游憩生态学与旅游规划. *旅游学刊*, 2008, 23(9): 10-11.
- [ 5 ] Knight R L, Cole D N. Factors that influence wildlife responses to recreationists//Knight R L, Gutzwiller K J, eds. *Wildlife and Recreationists: Coexistence Through Management and Research*. Washington, DC: Island Press, 1995: 71-80.
- [ 6 ] Monz C A, Cole D N, Leung Y F, Marion J L. Sustaining visitor use in protected areas: future opportunities in recreation ecology research based on the USA experience. *Environmental Management*, 2010, 45(3): 551-562.
- [ 7 ] Steven R, Pickering C, Castley J G. A review of the impacts of nature based recreation on birds. *Journal of Environmental Management*, 2011, 92(10): 2287-2294.
- [ 8 ] Carney K M, Sydeman W J. A review of human disturbance effects on nesting colonial waterbirds. *Waterbirds*, 1999, 22(1): 68-79.
- [ 9 ] Yorio P, Frere E, Gandini P, Schiavini A. Tourism and recreation at seabird breeding sites in Patagonia, Argentina: current concerns and future prospects. *Bird Conservation International*, 2001, 11(4): 231-245.
- [ 10 ] Miller J R, Hobbs N T. Recreational trails, human activity, and nest predation in lowland riparian areas. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 50(4): 227-236.
- [ 11 ] Leseberg A, Hockey P A R, Loewenthal D. Human disturbance and the chick-rearing ability of African black oystercatchers (*Haematopus moquini*): a geographical perspective. *Biological Conservation*, 2000, 96(3): 379-385.
- [ 12 ] McClung M R, Seddon P J, Massaro M, Setiawan A N. Nature-based tourism impacts on yellow-eyed penguins *Megadyptes antipodes*: does unregulated visitor access affect fledging weight and juvenile survival? *Biological Conservation*, 2004, 119(2): 279-285.
- [ 13 ] Flemming S P, Chiasson R D, Smith P C, Austin-Smith P J, Bancroft R P. Piping plover status in Nova Scotia related to its reproductive and behavioral responses to human disturbance. *Journal of Field Ornithology*, 1988, 59(4): 321-330.
- [ 14 ] Ruhlen T D, Abbott S, Stenzel L E, Page G W. Evidence that human disturbance reduces snowy plover chick survival. *Journal of Field Ornithology*, 2003, 74(3): 300-304.
- [ 15 ] Ellenberg U, Mattern T, Seddon P J, Jorquera G L. Physiological and reproductive consequences of human disturbance in Humboldt penguins: the



- need for species-specific visitor management. *Biological Conservation*, 2006, 133(1): 95-106.
- [16] Baudains T P, Lloyd P. Habituation and habitat changes can moderate the impacts of human disturbance on shorebird breeding performance. *Animal Conservation*, 2007, 10(3): 400-407.
- [17] 王彦平, 陈水华, 丁平. 惊飞距离——杭州常见鸟类对人为侵扰的适应性. *动物学研究*, 2004, 25(3): 214-220.
- [18] 杨月伟, 夏贵荣, 丁平, 陈余钊. 人为干扰对黑腹滨鹬觅食行为的影响. *动物学研究*, 2005, 26(2): 136-141.
- [19] 马国强, 刘美斯, 吴培福, 周泳欣. 旅游干扰对鸟类多样性及取食距离的影响评价——以普达措国家公园为例. *林业资源管理*, 2012, (1): 108-114.
- [20] 张贺, 李文靖, 胡延萍, 张堰铭. 青藏高原两种雪雀惊飞距离的比较研究. *四川动物*, 2016, 35(3): 368-371.
- [21] 张微微, 马建章, 李金波. 骨顶鸡等游禽对不同人为干扰的行为响应. *生态学报*, 2011, 31(6): 1695-1702.
- [22] 赵正阶. 中国鸟类志-上卷(非雀形目). 长春: 吉林科学技术出版社, 2001: 439-441.
- [23] 邢莲莲, 杨贵生. 白骨顶繁殖生态学研究. *内蒙古大学学报: 自然科学版*, 1989, 20(4): 521-522.
- [24] 程鲲, 马建章, 李金波, 姜荣. 黑龙江安邦河自然保护区白骨顶营巢及领域特征. *四川动物*, 2010, 29(3): 372-375, 381-381.
- [25] 哈丽亚, 程鲲, 宗诚, 李金波. 骨顶鸡日活动对游憩干扰的反应. *生态学杂志*, 2014, 33(7): 1860-1866.
- [26] Price M, Lill A. Behavioural responses of breeding Silver Gulls to tourist traffic. *Australian Zoologist*, 2011, 35(3): 810-821.
- [27] 江红星, 楚国忠, 钱法文, 侯韵秋. 江苏盐城黑嘴鸥繁殖期不同阶段行为时间分配及活动规律. *林业科学*, 2004, 40(2): 79-83.
- [28] Verhulst S, Oosterbeek K, Ens B J. Experimental evidence for effects of human disturbance on foraging and parental care in oystercatchers. *Biological Conservation*, 2001, 101(3): 375-380.
- [29] Fernández C, Azkona P. Human disturbance affects parental care of marsh harriers and nutritional status of nestlings. *The Journal of Wildlife Management*, 1993, 57(3): 602-608.
- [30] Bouton S N, Frederick P C, Rocha C D, Dos Santos A T B, Bouton T C. Effects of tourist disturbance on wood stork nesting success and breeding behavior in the Brazilian Pantanal. *Waterbirds*, 2005, 28(4): 487-497.
- [31] Bolduc F, Guillemette M. Human disturbance and nesting success of Common Eiders: interaction between visitors and gulls. *Biological Conservation*, 2003, 110(1): 77-83.
- [32] Burger J, Gochfeld M, Jenkins C D, Lesser F. Effect of approaching boats on nesting black skimmers: Using response distances to establish protective buffer zones. *Journal of Wildlife Management*, 2010, 74(1): 102-108.
- [33] Ryan M R, Dinsmore J J. A quantitative study of the behavior of breeding American coots. *The Auk*, 1979, 96(4): 704-713.
- [34] 蒋天一, 王小明, 丁由中, 刘振生, 王正寰. 人类游憩行为对岩羊 (*Pseudois nayaur*) 反应行为的影响. *科学通报*, 2013, 58(16): 1546-1556.
- [35] Perdeck A C, Cavé A J. Laying date in the coot: effects of age and mate choice. *Journal of Animal Ecology*, 1992, 61(1): 13-19.
- [36] Ikuta L A, Blumstein D T. Do fences protect birds from human disturbance? *Biological Conservation*, 2003, 112(3): 447-452.